Deutscher Bundestag **Drucksache 18/7729**
18. Wahlperiode 25.02.2016

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Mikroelektronik aus Deutschland – Innovationstreiber der Digitalisierung

Rahmenprogramm der Bundesregierung für Forschung und Innovation 2016 bis 2020

Inhaltsverzeichnis

Zugeleitet mit Schreiben des Bundesministeriums für Bildung und Forschung vom 24. Februar 2016.

1 Mikroelektronik als Innovationstreiber für Wirtschaft und Gesellschaft

Kein Computer, kein Auto, keine Industrieproduktion, kein Personalausweis ohne Mikroelektronik. Die Mikroelektronik ist eine der wichtigsten Schlüsseltechnologien für Innovationen. Sie bietet, eingebettet in neue Produkte oder als technologische Basis von Dienstleistungen, Lösungen für zentrale gesellschaftliche und wirtschaftliche Herausforderungen. Egal ob es um Antriebe und Sensorik für nachhaltige und intelligente Mobilität, Diagnosesysteme für ein gesundes Leben, Kommunikationsbausteine für die Digitalisierung unserer Gesellschaft und Wirtschaft oder Netzsteuerungen für eine nachhaltige Energieversorgung geht: Mikroelektronische Systeme sind eine Grundvoraussetzung für Wettbewerbsfähigkeit und Wohlstand in Deutschland.

Die meisten Menschen nutzen in ihrem Alltag regelmäßig Produkte, deren Funktionalität - und auch deren Herstellung - wesentlich auf Mikroelektronik beruht. Nach außen hin ist die Mikroelektronik selten sichtbar. Und so wissen meist nur Fachleute, welcher enorme Aufwand hinter dieser innovativen Technologie steckt. Die Bedeutung der Mikroelektronik für die Digitalisierung zahlreicher Lebensbereiche und für die Wertschöpfung und Wettbewerbsfähigkeit des Standorts Deutschland geht jedoch jeden von uns an.

Mehr Funktionen in kleinerem Volumen

Über lange Zeit war die Miniaturisierung integrierter Schaltungen aus Transistoren, Dioden und Speicherkondensatoren, die für schnellere Datenverarbeitung und sinkenden Energieverbrauch sorgt, Treiber für Forschung und Innovation. Moderne Smartphones liefern heute nicht nur mehr Rechenleistung, sondern bieten auch deutlich mehr Funktionen als ein PC vor zehn Jahren. Die beispiellose Erfolgsgeschichte der Informations- und Kommunikationstechnologien wurde überhaupt erst durch den Innovationstreiber Mikroelektronik und die zugrundliegende Halbleitertechnik möglich.

Heute geht der Einsatz der Mikroelektronik aber noch viel weiter. Autos, Häuser, Fabriken und sogar ganze Städte werden zunehmend „intelligent vernetzt“. Innovationen bei Funktionalität, Sicherheit, Zuverlässigkeit und Energieeffizienz hängen in wichtigen Anwenderindustrien wie dem Fahrzeugbau, der produzierenden Industrie, der Medizintechnik und der Energiewirtschaft von Elektroniksystemen ab. Zukunftsanwendungen wie die vernetzte Produktion in der Industrie 4.0, das Internet der Dinge, die Elektromobilität und das autonome Fahren sind ohne Mikroelektronik und Mikrosysteme nicht umsetzbar. Gleichzeitig werden sichere Chips und sichere Hardware beim Schutz unserer IT-Infrastruktur und unserer Daten eine Schlüsselrolle einnehmen.

Nicht nur integrierte Schaltungen, sondern auch andere Komponenten wie Sensoren werden immer häufiger direkt auf dem Chip gefertigt, um möglichst viele Funktionen zu kombinieren. Auch die Integration verschiedener Halbleiterchips in einem einzelnen Gehäuse ist in den letzten Jahren in den Fokus gerückt. Oft bieten erst solche komplexen Mikroelektroniksysteme die Funktionen, die zur Bewältigung künftiger Anforderungen nötig sind. Deshalb gilt es, spezifische Kompetenzen auch in Zukunft weiterzuentwickeln, um Innovationsvorsprünge in Deutschland zu sichern.

Deutsche Wettbewerbsposition

Die Voraussetzungen hierfür sind gut: Sowohl die Mikroelektronikindustrie als auch ihre Anwenderbranchen profitieren heute von engen Innovationspartnerschaften, symbiotischen Wertschöpfungsketten und einer leistungsfähigen Forschungslandschaft in Deutschland und Europa. Zudem ist die deutsche Mikroelektronik überwiegend in starken regionalen Clustern organisiert, die wichtige Netzwerke innerhalb der Wertschöpfungskette aus Zulieferern und Abnehmern schaffen. Eine besondere Rolle in der Halbleiterproduktion spielt dabei Sachsen: Ein großer Teil der in Europa gefertigten Chips kommt inzwischen aus der Region um Dresden.

Um den internationalen Markt wesentlich mitzugestalten, muss Deutschland seine Kompetenzen in der Mikroelektronik gezielt weiterentwickeln. Es gilt, die vorhandenen Stärken nachhaltig auszubauen: Diese liegen bei komplexer Elektronik von hoher Qualität und Leistungsfähigkeit, die besonders im Automobil-, Maschinen- und Anlagenbau sowie bei der Umsetzung der Energie- und Klimaziele zum Einsatz kommt. Zudem müssen neue Potenziale erschlossen werden – beispielsweise bei energieeffizienter und zuverlässiger Elektronik und Sicherheitschips. Dies erfordert ein gemeinsames Vorgehen mit Wirtschaft und Wissenschaft, bei dem sich die Bundesregierung mit den Ländern und der Europäischen Union (EU) abstimmt.

Die Verknüpfung der technologischen Kompetenz der Mikroelektronikindustrie mit der Systemkompetenz deutscher Anwenderbranchen ist einzigartig in Europa; diese Kooperation entlang von Wertschöpfungsketten wird weiter unterstützt werden. Auch die ausgezeichnete Forschungslandschaft wird weiter gestärkt werden, von der Grundlagenforschung bis hin zur anwendungsorientierten Forschung, denn sie ist Innovationstreiber und wichtiger Partner der Industrie.

Ein weiterer Erfolgsfaktor für die Mikroelektronik sind international wettbewerbsfähige wirtschaftliche Rahmenbedingungen. In Europa unterhält die Elektronikindustrie über 200.000 direkte und mehr als eine Million von ihr abhängige Arbeitsplätze in der gesamten industriellen Wertschöpfungskette. Wegen ihrer großen Bedeutung auch für Dienstleistungen steuern Innovationen und Wissen aus der Mikroelektronik indirekt mindestens 10 Prozent zum europäischen Bruttoinlandsprodukt bei. Die Mikroelektronik ist eine Schlüsseltechnologie und wichtiger „Rohstoff" für Industrie 4.0 und für die Umsetzung der Digitalen Agenda. Diese Themen werden von Politik und Industrie in enger Partnerschaft vorangetrieben.

2 Leitlinien und Ziele für die Mikroelektronik in Deutschland

Mikroelektronik sorgt für Wertschöpfung

Jeder dritte in Europa gefertigte Chip kommt aus Deutschland. Deutsche Unternehmen sind besonders stark in der Sensorik, der energiesparenden Elektronik und bei der chipbasierten Sicherheit. Durch die Förderung der Mikroelektronik mit Ausrichtung auf die Anwenderbranchen vor allem im Automobil- und Maschinenbau sowie der Medizintechnik, sorgen wir für eine hohe Wertschöpfung bei wissensintensiven Produkten aus Deutschland.

Mikroelektronik ist forschungsintensiv

Physik und Chemie bieten immer neue Möglichkeiten und treiben den rasanten Fortschritt in der Mikroelektronik. Auch künftig stärken wir eine deutsche Forschungslandschaft, die alle Bereiche abdeckt – von den Grundlagen bis hin zur anwendungsorientierten Forschung.

Mikroelektronik macht innovativ

Zukunftsprojekte wie Industrie 4.0, das Internet der Dinge, das automatisierte Fahren oder die Energiewende werden mehr und mehr Wirklichkeit. Dafür fördern wir neuartige, innovative Chips, die rasch in die Anwendung kommen können.

Mikroelektronik ist systemrelevant

Wir stärken die Mikroelektronik in Forschung und Industrie, damit sowohl etablierte als auch neue Branchen die Zukunft der Digitalisierung meistern und so die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands erhalten.

Mikroelektronik erfordert europäisches Handeln

Im weltweiten Wettbewerb der Standorte gilt es, gemeinsam mit den Partnern der Europäischen Union zu handeln. Transnationale Projekte und eine gemeinsame europäische Strategie für Investitionen stärken hier die deutsche Position.

Mikroelektronik bietet Investoren Chancen

Deutschland bietet mit starken Anwenderbranchen und einer exzellenten Forschungslandschaft gute Voraussetzungen für Investoren. Wir sorgen dafür, dass auch die Rahmenbedingungen für Investitionen in neue Produkte und Fertigungskapazitäten einschließlich des Fachkräfteangebots weltweit wettbewerbsfähig bleiben.

Mikroelektronik bietet Sicherheit

Dank langjähriger Erfahrungen und umfangreicher Kompetenzen gewährleistet die deutsche Mikroelektronikindustrie mit ihren Produkten sichere Anwendungen – so beispielsweise in der Energietechnik oder der Automobilindustrie. Sicherheit ist daher wichtiger Teil der Mikroelektronikförderung.

Mikroelektronik unterstützt den Klimaschutz

Innovationen in der Leistungselektronik steigern die Energieeffizienz bei der Erzeugung und Übertragung von Strom und in Industrieanlagen. Sie ermöglichen eine größere Reichweite von Elektroautos. Das bedeutet: Auch mit Hilfe der Mikroelektronik erreichen wir Umwelt- und Klimaschutzziele.

Mikroelektronik bietet Lösungen für gesellschaftliche Herausforderungen

Die Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft hat schon begonnen, immer mehr Produkte und Dienstleistungen werden „smart“ und „intelligent“. Nur mit eigener Mikroelektronik-Kompetenz können wir die Digitalisierung mitgestalten, das heißt: die digitale Souveränität erhalten.

3 Forschung und Innovation

3.1 Technologiekompetenzen ausbauen

Intelligente und sichere Elektronik- und Mikrosysteme, energieeffiziente und kompakte Leistungselektronik sowie der Chip- und Systementwurf komplexer Systeme zählen zu den Stärken der Mikroelektronikindustrie in Deutschland. Auch in Produktionstechnologien und im Anlagenbau für die Halbleiterherstellung sind deutsche Unternehmen und Forschungseinrichtungen erfolgreich.

Ein Ziel dieses Rahmenprogramms ist es, diese Stärken auszubauen und neue Kompetenzen zu entwickeln. Dies soll in fünf strategischen Forschungsschwerpunkten im Bereich der Technologien erfolgen, die in diesem Kapitel 3.1 dargestellt werden. Um die Chancen der Fortschritte der Naturwissenschaften zu nutzen, werden auch die Grundlagen künftiger Technologien erforscht, wie in Kapitel 3.2 erläutert wird. Zugleich ist es wichtig, die vorhandenen Technologien insbesondere dort zu fördern, wo sie direkt die Innovationkraft von Anwenderbranchen in Deutschland stärken, was in Kapitel 3.3 ausgeführt wird.

Elektroniksysteme mit vielfältigen Funktionen

Zukünftige Elektroniksysteme werden durch eine starke Miniaturisierung geprägt sein und zugleich hohe Anforderungen an Funktionalität, Autonomie sowie Vernetzungsfähigkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit und Energieeffizienz erfüllen müssen. Solche multifunktionalen Systeme vereinen viele Bestandteile – zum Beispiel Komponenten zur Datenverarbeitung und Kommunikation, Sensoren und Bausteine zur Energiegewinnung oder für das Energiemanagement. Dieses Kombinieren von digitalen, analogen und mikroelektromechanischen Komponenten, zum Teil auf einem Chip, wird in Fachkreisen als „More than Moore"-Trend bezeichnet – in Abgrenzung zum Fortschritt durch immer weitere Verkleinerung von Chipstrukturen („More Moore").

Forschungsthemen sind unter anderem:

- neuartige Systemintegrationstechnologien auf Wafer- und Substrat-Ebene sowie deren Kombination für hochintegrierte, energieoptimierte und hochwertige Elektroniksysteme,
- Heterointegrationstechnologien und Bauteilkonzepte für multifunktionale Elektroniksysteme, die beispielsweise zur Integration verschiedener Funktionen und Chiptechnologien und zur Integration heterogener Systeme auf und in Folien geeignet sind,
- innovative Sensorkonzepte und deren Implementierung auf Halbleiterbasis,
- Embedding-Technologien und Mikro-Nano-Kontaktiertechnologien,
- Strategien zur Optimierung und Verbesserung von Gehäusetechnologien und -materialien für elektronische Schaltkreise und Module,
- innovative Testverfahren und Simulationsmodelle zum Systemverhalten,
- Modelle zum Verständnis und zur Vorhersage von technologischer und funktionaler Zuverlässigkeit und Langzeitstabilität hochintegrierter Elektroniksysteme,
- fertigungsorientierte Mess- und Prüfverfahren für hochintegrierte Elektroniksysteme,
- Modularisierung und Standardisierung von hochintegrierten Elektroniksystemen bei großer Anwendungsbreite.

Leistungselektronik für die effiziente Energienutzung

Die Leistungselektronik ist eine wichtige Querschnittstechnologie. Überall dort, wo elektrische Energie gebraucht wird, muss sie verteilt, gewandelt oder geregelt werden. Dies ist die Aufgabe der Leistungselektronik. Wichtige Anwendungen sind die Stromversorgung in Industrieprozessen, die Antriebstechnik, die Informations- und Kommunikationstechnologien sowie die Beleuchtungstechnik.

Leistungselektronik umfasst weite Bereiche der Wertschöpfung: Beginnend mit komplexen Basismaterialien werden mit geeigneter Aufbau- und Verbindungstechnik zunächst Komponenten, dann Baugruppen und abschließend ganze Systeme aufgebaut. Übergeordnetes Ziel ist dabei stets die Energieeffizienz.

Stand der Technik sind heute leistungselektronische Systeme auf Basis von Siliziumhalbleitern. Einerseits wird deren Integrationsdichte weiter steigen, andererseits hat die Forschung vielversprechende neue Aus-

gangsmaterialien hervorgebracht, mit denen ein großer Effizienzsprung bei der Wandlung elektrischer Energie und bei der Miniaturisierung möglich wird.

Forschungsthemen sind unter anderem:

- neuartige schaltungstechnische Lösungen für effiziente Gesamtsysteme auf Basis neuer Leistungshalbleitermaterialien,
- neue Ansätze für die Aufbau- und Verbindungstechnik und das Thermomanagement, um die Potenziale neuer Materialien zu nutzen, beispielsweise für höhere Schaltfrequenzen und andere Arbeitstemperaturen,
- Modellbildung für Fehlermechanismen und Optimierung der Zuverlässigkeit auf Bauteil- und Systemebene,
- die stärkere Vernetzung und Systemintelligenz für hochintegrierte Lösungen auf Basis aller Materialklassen.

Innovative Werkzeuge für den Chip- und Systementwurf

Heutige Prozessoren und integrierte Schaltungen bestehen aus bis zu mehreren Milliarden Transistoren auf engstem Raum, wobei einzelne Strukturen zum Teil nur noch 14 Nanometer breit sind – zum Vergleich: das ist weniger als ein Tausendstel des Durchmessers eines Haares. Auch um komplexe Chips oder elektronische Systeme zu planen und zu entwerfen, sind hoch entwickelte Computeralgorithmen und aufwändige Simulationen nötig – sei es für „More Moore", sei es für „More than Moore". Diese Werkzeuge für die Designautomatisierung und -validierung stellen die Funktion der Chips und Systeme sicher und berücksichtigen zum Beispiel physikalische Wechselwirkungen oder durch Fertigungsprozesse gegebene Randbedingungen. Nur durch die Weiterentwicklung und den kreativen Einsatz dieser Werkzeuge sowie ein umfassendes Technologieverständnis ist die wachsende Komplexität innovativer (Mikro-)Elektroniksysteme überhaupt beherrschbar.

Die Effektivität, der Automatisierungsgrad und die Qualität des Designs bestimmen die Entwicklungszyklen der Industrie und damit den immer wichtiger werdenden Zeitfaktor beim Marktzugang.

Forschungsthemen sind unter anderem:

- komplexe Designregeln für immer kleinere Strukturbreiten, bei denen physikalische Effekte eine immer größere Rolle spielen, die sich bei größeren Strukturbreiten nicht ausgewirkt haben,
- Einbeziehung nicht-funktionaler Aspekte wie Leistungsverbrauch, Robustheit oder Alterungseffekte,
- hochautomatisierter Entwurf von „Mixed-Signal-Schaltungen", bei denen analoge Komponenten (z. B. in drahtlosen Kommunikationsschnittstellen) und digitale Schaltungen in ein System integriert werden,
- Einbeziehung der Aufbau- und Verbindungstechnik für 3D-integrierte, hochkompakte Systeme sowie,
- Test- und Verifikationsmethoden für gemischte analog-digitale Systeme und 3D-integrierte Systeme.
- Erweiterung der rechnergestützten Entwurfsumgebung über die gesamte Wertschöpfungskette zur Absicherung des Gesamtsystems schon frühzeitig vor Produktionsbeginn.

Sichere Chips für die digitale Gesellschaft

Chipbasierte Sicherheitstechnologien und -funktionen sind der Schlüssel zu einer sicheren Digitalisierung auf Hardwareebene. Fälschungs- und manipulationsresistente Chipkarten werden bereits zur vertrauenswürdigen Identifikation hoheitlicher Dokumente – wie Ausweise oder Pässe – eingesetzt. Durch die hohe Vernetzungsdynamik in Anwendungen wie Industrie 4.0, Energieversorgung, Mobilität und Bezahlsystemen sowie durch die steigende Verbreitung mobiler Endgeräte wird der Bedarf an sicheren Chips weiter wachsen. Flankiert wird diese Entwicklung durch ein immer höheres Aufkommen an Echtzeitdaten, die durch in immer mehr Geräten verbaute intelligente Sensorik bereitgestellt werden. Eine sichere und effiziente Nutzung dieses „Internets der Dinge" und der darauf basierenden Dienste wird nur dann möglich, wenn die hohe Entwicklungskompetenz für chipbasierte Sicherheitstechnologien in Deutschland weiter ausgebaut und wettbewerbsfähig gefertigt werden wird. Sicherheitschips sind eine Stärke der Mikroelektronikindustrie in Deutschland und Europa. Allerdings werden auch in diesem Feld stets neue Angriffsmethoden entwickelt, die existierende Schutzmechanismen umgehen. Daher ist es nötig, chipbasierte Sicherheitstechnologien stetig zu verbessern und neuartige Methoden in der Chipfertigung umzusetzen.

Forschungsthemen sind unter anderen:

– Methoden zur eindeutigen Identifizierbarkeit von Chips – beispielsweise durch Implementierung von physikalischen Fingerabdrücken unter Verwendung sogenannter „Physikalisch unklonbarer Funktionen (PUF)“ und zum Nachweis sowie zur Validierung vorgegebener Sicherheitsniveaus,
– schaltungstechnische Maßnahmen zum Schutz von Chips gegen externe Angriffe sowie
– die Implementierung eines herstellerseitigen Authentizitätsschutzes, zum Beispiel zur Manipulationsverhinderung während der Produktion bei einem Auftragshersteller (Foundry).

Um existierende und künftige Herausforderungen zu meistern, müssen vorhandene Kompetenzen in der chipbasierten Sicherheitstechnik gesteigert und erweitert werden. Durch die Herstellung kostengünstiger und sicherer Chips lässt sich die führende Position Deutschlands als Mikroelektronik-Anbieter langfristig sichern und ausbauen. Chipbasierte Sicherheitstechnologien werden vorwiegend auf Basis des Forschungsrahmenprogramms „Selbstbestimmt und sicher in der digitalen Welt 2015-2020“ der Bundesregierung gefördert.

Elektronik-Produktionstechnologien und -Produktion für die Zukunft

Um die Wertschöpfungskette vom Halbleiter bis zum Endprodukt zu schließen, ist es erforderlich, die Kompetenzen in der Elektronik-Produktionstechnik weiter zu stärken. Die Entwicklung neuer Produktionstechnologien erfordert eine Gesamtbetrachtung von Prozess, Materialien und Anlagen/Ausrüstung. Dies gilt nicht nur für Standardbauelemente, sondern umso mehr für multifunktionale Komponenten. Deutsche Zulieferer im Material- und Gerätebereich sind hier wesentlich an der Entwicklung beteiligt, wie zum Beispiel bei der Lithografie mit extrem ultravioletter Strahlung (EUV-Lithografie) zur Fertigung besonders kleiner Chipstrukturen. Auch viele Prozesse zur Herstellung mikroelektromechanischer Systeme (MEMS) wurden in Deutschland entwickelt. Unabhängigkeit bei der elektronischen Innovationsfähigkeit und nicht zuletzt die Versorgungssicherheit für die Anwender zu wettbewerbsfähigen Konditionen sind weitere wichtige Gründe für die Weiterentwicklung fortgeschrittener Fertigungstechnologien.

Forschungsthemen sind unter anderem:

– die weitere Automatisierung der Fertigung,
– Anlagen und Prozesse für die hochpräzise, zuverlässige und kostengünstige Verarbeitung kleinster und unterschiedlichster Bauteile zu komplexen elektronischen und multifunktionalen Baugruppen und Systemen
– Mess- und Prüftechnik zur Unterstützung schneller Innovationszyklen und hoher Qualitätsanforderungen.

Für Elektronik-Produktionstechnologien sind in besonderem Maße europäische Wertschöpfungsketten relevant, weshalb die Förderung bevorzugt im europäischen Verbund erfolgen wird.

Forschung zur Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz der Produktionsverfahren wie auch zu den Herausforderungen bei der Entsorgung und Rohstoffrückgewinnung fördert die Bundesregierung in den BMBF-Programmen „Forschung für Nachhaltige Entwicklung – FONA³“ und „Vom Material zur Innovation“ (Maßnahmen „Materialien für eine ressourceneffiziente Industrie und Gesellschaft“ oder „Sicherer Umgang mit synthetischen Nanomaterialien“), wie auch in der Ressortforschung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Den strategischen Rahmen bildet das „Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess)“ der Bundesregierung.

3.2 Künftige technologische Grundlagen erschließen

Für die Innovationsfähigkeit der Wirtschaftszweige, die Mikroelektronik einsetzen, sind die umfassende Beherrschung und die generelle Verfügbarkeit aktueller Technologien von fundamentaler strategischer Bedeutung. Darüber hinaus gilt es aber auch, den Zugang zu künftigen Technologieentwicklungen sicherzustellen. Es geht darum, zunächst Wissen über nächste Technologiegenerationen zu erschließen und so die Voraussetzung für neuartige und auch radikal neue Lösungen und Anwendungen zu begründen. Dies ist ein wichtiger Beitrag zur digitalen Souveränität und wird deshalb entsprechend gefördert, auch in Abstimmung und Zusammenarbeit mit der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Auch bietet das Europäsiche Rahmenprogramm „Horizont 2020“ hierfür relevante Fördermöglichkeiten, unter anderem im Bereich „Künftige und neu entstehende Technologien“, wo die sich die Bundesregierung bei der Themensetzung entsprechend einbringt.

Von der radikalen Entwicklung neuer Ansätze, dem sogenannten „Beyond CMOS“-Prinzip, werden Fortschritte auf Basis alternativer physikalischer Effekte, neuer Materialien und innovativer Bauelemente und Systemkonzepte erwartet. Bei diesen alternativen Technologien sind zurzeit unter anderem folgende Forschungs- und Entwicklungsthemen erkennbar:

– Eindimensionale Elektronik (Nanowire, Carbon-Nano-Tubes, etc.),
– organische und gedruckte Elektronik,
– Graphen-basierte Elektronik,
– neue Aufbau- und Verbindungstechniken (z. B. Self Assembling, etc.).

Ein bisheriger Haupttrend der Entwicklung („More Moore“) in der Elektronik war geprägt durch die immer stärkere Miniaturisierung und damit verbundene Steigerung der Integrationsdichte auf Basis der CMOS-Technologie (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor). Jeder Schritt der Weiterentwicklung war verbunden mit höherer Leistung – aber auch mit stark sinkenden Chippreisen, so dass heute nur noch wenige sehr große Halbleiter-Unternehmen überwiegend außerhalb Europas diese höchstintegrierten Standardprozessoren und -speicherbauelemente wirtschaftlich produzieren können. Für Deutschland ist im Bereich More Moore vorrangig die Weiterentwicklung der Designfähigkeit wichtig (Kapitel 3.1), um die entsprechenden Bauteil für innovative Elektroniksysteme zu nutzen. Die Bauteile selbst und der Zugang zu entsprechenden Fertigungsmöglichkeiten außerhalb Europas sind in aller Regel am Weltmarkt verfügbar und werden von deutschen Unternehmen entsprechend zugekauft. Forschung und Entwicklung in diesem Bereich steht nicht im Fokus der Programmförderung.

3.3 Mit Mikroelektronik Zukunftsaufgaben angehen

Die Digitalisierung der Wirtschaft, eine nachhaltige und zuverlässige Energieversorgung, intelligente Mobilität und die Erhaltung der Gesundheit erfordern weitere Fortschritte bei Elektronik und Sensorik. Deshalb werden die Systemkompetenz und Innovationspartnerschaften der Mikroelektronikbranche mit ihren Anwendern in Deutschland und Europa genutzt und weiter ausgebaut. Entsprechend wird die Förderung von Forschung und Entwicklung auf diese strategischen Anwendungsschwerpunkte hin ausgerichtet. Dies geschieht komplementär zu den Forschungsschwerpunkten im Bereich der Technologien (Kapitel 3.1) und der Erschließung künftiger Grundlagen (Kapitel 3.2).

Auf dem Weg zu Industrie 4.0

Industrie 4.0 umschreibt die Verschmelzung von Produktions- mit Informationstechnologie. Sie bietet die Chance, die Flexibilität sowie die Energie- und Ressourceneffizienz von Produktionsprozessen über eine intelligente Steuerung und Vernetzung auf eine neue Stufe zu heben. Elektronik und Sensorik spielen dabei eine Schlüsselrolle: Sie machen Produktionsanlagen und Produkte zu cyber-physischen-Systemen (CPS), die miteinander kommunizieren, die Produktion optimieren und sicher und zuverlässig mit dem Menschen interagieren. Die dafür benötigte Hardware basiert auf komplexen Mikroelektroniksystemen zur Erfassung, zur Verarbeitung und zum Austausch von Daten sowie zur Anlagensteuerung. Solche „More than Moore“-Systeme vereinen unter anderem Sensorik- und Aktorik-Komponenten, Hochfrequenz- und Kommunikationsbausteine, Spannungsversorgungen, Leistungselektronik und mikroelektromechanische Systeme (MEMS) sowie Bausteine aus der Optoelektronik.

Die zu erfassenden Daten werden dabei immer vielfältiger. Wichtige Anwendungen sind die Verfolgung („Tracking“) von Produktionsgütern, die vorbeugende Instandhaltung von Produktionsanlagen und relevanten Infrastrukturen durch kontinuierliche Überwachung und die statistische Auswertung der Prozessdaten. Daraus erwachsen erhebliche Innovationsimpulse für den Dienstleistungsbereich; auch profitieren weitere Gebiete wie die Landwirtschaft. Für solche Anwendungen müssen verschiedene Sensoren und Messverfahren eingesetzt und kombiniert werden. Damit steigt die Komplexität der Mikroelektroniksysteme, die gleichzeitig auch hohe Anforderungen an Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit, Robustheit und Energieeffizienz erfüllen müssen.

Um diese Herausforderungen zu bewältigen, wird neben der Expertise in der Systemintegration auch das Portfolio an Basistechnologien weiter ausgebaut. Forschungsbedarf besteht beispielsweise beim Entwurf komplexer Elektroniksysteme und bei der dreidimensionalen und heterogenen Systemintegration in einem Gehäuse („System-in-Package“, SiP) als Querschnittstechnologie. Empfehlungen zum Forschungsbedarf, zu Normen und Standards, zur Sicherheit vernetzter Systeme, dem rechtlichen Rahmen sowie den Anforderungen an Arbeit, Aus- und Weiterbildung werden im Rahmen der Plattform Industrie 4.0 erarbeitet. Laut einer aktuellen

Trendbefragung von IKT-Unternehmen hat das Thema Industrie 4.0 stark an Bedeutung gewonnen, insbesondere für den deutschen Mittelstand – die kleinen und mittleren Unternehmen. So messen 39 Prozent der kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) dem Thema Industrie 4.0 eine hohe Bedeutung bei und stehen damit nur knapp hinter den Großunternehmen mit rund 50 Prozent.

Elektroniksysteme für die Elektromobilität

Damit die Elektromobilität zur Erfolgsgeschichte wird und so auch einen signifikanten Beitrag zum Klimaschutz leisten kann, muss die Reichweite der am Markt verfügbaren Fahrzeuge weiter steigen. Gleichzeitig gilt es aber auch, Kosten zu senken. Innovationen in der Mikroelektronik leisten hier einen zentralen Beitrag. Ansatzpunkte sind neue elektronische Batteriemanagementsysteme, die mehr Energie in Batteriezellen einspeisen und aus ihnen abrufen können, energieeffiziente, intelligente Bordnetze und Steuergeräte sowie hochintegrierte, energiesparende Elektroantriebe. Durch die Integration von Steuerungs- und Leistungselektronik in den Motor lassen sich Bauraum und Kosten einsparen. Voraussetzung für höhere Wirkungsgrade auf Systemebene und kompaktere Bauformen sind neue Technologien auf Komponenten- und Schaltungsebene wie beispielsweise Elemente aus den Halbleitermaterialien Galliumnitrid und Siliziumcarbid sowie eine innovative Motoransteuerung.

Wichtig für den Erfolg der Elektromobilität ist zudem die Verfügbarkeit einfach zu nutzender Ladesysteme – je nach Bedarf mit möglichst hohen Ladeleistungen. Auch sie profitieren von kleinen, leichten, effizienten und günstigen Leistungselektroniksystemen. Das berührungslose Laden über Induktion erfordert zusätzlich leichte und hocheffiziente Spulensysteme zur Energieübertragung.

Fortschritte in der Elektronik und Sensorik nutzen nicht nur der Elektromobilität, sondern bieten auch Innovationspotenzial für Fahrzeuge mit anderen Antrieben, die immer mehr elektrische Funktionen nutzen. Die wichtigsten Innovationen im Automobilbau werden schon heute zu ca. 80 Prozent von der Mikroelektronik und Software getrieben.

Zukunftsthema Automatisiertes Fahren

Elektronik und Sensorik senken in Fahrerassistenzsystemen schon heute das Unfallrisiko und schützen Leben. Doch hoch- und vollautomatisierte Fahrzeuge der Zukunft werden nicht nur die Verkehrssicherheit weiter steigern, sondern unsere Mobilität grundlegend verändern: Sie werden Verkehrsflüsse auf Schnellstraßen und in den Städten verbessern und für höhere Energieeffizienz auf Fahrzeug- und Verkehrssystemebene sorgen. Hierdurch werden auch Lärmbelastung und Luftverschmutzung reduziert. Zudem wird das automatisierte Fahren den Zugang zu Mobilität erleichtern und so insbesondere älteren Menschen eine einfachere Teilhabe am Straßenverkehr ermöglichen. Neue Dienstleistungen in der personalisierten Mobilität werden so ermöglicht. Die Elektronik erschließt zudem das technische Synergie-Potential von elektrischem und automatisierten Fahren.

Die Mikroelektronik schafft dafür die technologischen Grundlagen. Eine unter schwierigen Umgebungsbedingungen und in komplexen Fahrsituationen zuverlässig arbeitende Umgebungserkennung braucht weitere Forschung. Im Mittelpunkt stehen hierbei die Umfelderfassung durch kompakte Sensorik und die Sensordatenfusion/-interpretation in Echtzeit durch leistungsfähige Steuereinheiten. Automatische Funktionen im Fahrzeug verlangen zudem ein Höchstmaß an Zuverlässigkeit sowie an Sicherheit vor unbefugten Eingriffen. Für letzteres sind chipbasierte Sicherheitstechnologien die Voraussetzung.

Darüber hinaus können automatisierte Elektrofahrzeuge beispielsweise in intelligente Netze zur dezentralen Energieversorgung integriert oder in zukünftige städtische Infrastrukturen eingebettet werden, die Lösungen für Herausforderungen des demographischen Wandels und der Urbanisierung bieten. Auch hierfür sind komplexe Sensorik-, Elektronik- und Kommunikationssysteme notwendig.

Das Markpotenzial ist groß: Der weltweite Bedarf an Halbleitern für die Automobil-Elektronik ist bereits 2014 auf fast 35 Milliarden Dollar angewachsen. In den kommenden fünf Jahren wird ein jährliches Wachstum von ca. 4,5 Prozent erwartet.

Nachhaltige und effiziente Energieversorgung

Deutschland gehört weltweit zu den Vorreitern in der Elektronik für erneuerbare Energien. Das Einspeisen erneuerbarer Energien stellt das Stromnetz und die Steuerung des Stromsystems vor neue Herausforderungen. Aufgabe intelligenter Stromnetze („Smart Grids“) ist die Integration alternativer Energien vor allem in den Verteilernetzen. Dazu muss zunehmend der Netzzustand erfasst, kontrolliert und geregelt werden.

Besonders die Leistungselektronik ist eine Schlüsseltechnologie für die erfolgreiche Anbindung regenerativer Energiequellen und -speicher an das öffentliche Netz. Sie erfordert Elektroniksysteme zur Spannungswandlung und Einspeisung von Energie aus Photovoltaik und Windkraft, zur Integration von Energiespeichern und zur Gewährleistung der Netzstabilität. „Virtuelle Kraftwerke“ sowie intelligent vernetzte Erzeugung und Last erfordern ebenfalls zunehmend intelligente elektronische Systeme. Dabei müssen stets die Netzfunktionen effizient sichergestellt werden; hierzu gilt es, neue Technologien zur Erhöhung der Sicherheit und Zuverlässigkeit sowie Redundanzkonzepte für höchste Verfügbarkeit zu entwickeln. Diese Themen der nachhaltigen und effizienten Energieversorgung werden bereits im Energieforschungsprogramm der Bundesregierung „Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ aufgegriffen. Die Mikroelektronik kann hier signifikante Beiträge leisten, denn ein kleiner Effizienzgewinn in einem einzelnen Gerät vervielfacht sich zu einer großen Einsparung im Gesamtsystem: Moderne Leistungselektronik in Stromwandlern zum Beispiel kann den Energieverbrauch in der EU um ca. 16 Terawattstunden (TWh) pro Jahr reduzieren und so etwa 3,7 Mio. Tonnen CO2-Emissionen pro Jahr vermeiden, was etwa der Hälfte des jährlichen Stromverbrauchs Dänemarks gleichkommt. Die Förderung der Mikroelektronik unterstützt so die deutsche Wirtschaft in klimafreundlichen Technologien und damit wiederum den Klimaschutz.

Elektroniksysteme für ein gesundes Leben

Deutschland ist der derzeit drittgrößte Produzent von Medizintechnik weltweit und ein Leitanbieter von elektronischen Systemlösungen für die Gesundheitsversorgung. Der Umsatz deutscher Unternehmen in diesem Bereich wächst seit 1995 kontinuierlich zwei- bis dreimal so schnell wie das Bruttoinlandsprodukt insgesamt und übersteigt heute deutlich 20 Mrd. Euro pro Jahr. Die Branche ist dabei überwiegend mittelständisch geprägt.

Vor dem Hintergrund weltweit alternder Gesellschaften und einer zunehmenden Individualisierung der medizinischen Versorgung, aber insbesondere auch infolge neuer technischer Möglichkeiten (z. B. zunehmende Miniaturisierung, Autarkie und Kommunikation elektronischer Komponenten), handelt es sich um einen Markt mit vorhersehbar nachhaltigem Wachstum. Gleichwohl nimmt auch der Wettbewerbsdruck stark zu. Deutschland setzt dem eine sehr aktive und gut vernetzte industrienahe Forschungslandschaft entgegen. Denn die Innovationsfähigkeit deutscher Unternehmen basiert darauf, dass die nationale Forschungs-, Industrie- und Versorgungslandschaft die gesamte Wertschöpfungskette von der Grundlagenforschung bis hin zur Vermarktung als Medizinprodukt und zum Einsatz am Menschen abbildet.

Die Elektronik dringt in immer mehr Bereiche der Gesundheitsversorgung vor. Als Schlüsseltechnologie fördert sie die Entwicklung verbesserter – das heißt intelligenter oder vernetzter – Medizinprodukte („Smart Health“). Diese reichen von elektronikbasierten Diagnose- und Behandlungssystemen zur stationären Anwendung im Krankenhaus bis hin zu tragbarer energieeffizienter Elektronik und Sensorik für die mobile Diagnose und Therapie am und im menschlichen Körper. Der medizinische Einsatz stellt dabei spezielle Anforderungen, zum Beispiel hinsichtlich Biokompatibilität, Energieverbrauch, Zuverlässigkeit und Integrationsfähigkeit.

3.4 Standort Deutschland stärken

Die deutsche Mikroelektronikindustrie hat sich in den letzten Jahren, auch aufgrund des internationalen Wettbewerbs, auf ihre technologischen Stärken konzentriert. Statt standardisierte Massenprodukte herzustellen, haben sich Unternehmen in Deutschland auf komplexe und multifunktionale Mikroelektronik und Sensorik für Anwendungsfelder wie z. B. Automobiltechnik, sichere Identifikation und Transaktion, Energieerzeugung und -verteilung und Industrieautomatisierung spezialisiert. Zusätzlich zu den eigentlichen Halbleiterherstellern sind heute zudem Unternehmen ohne eigene Produktionskapazitäten erfolgreich, die Auftragsfertiger nutzen. Auch in Deutschland gibt es bedeutende Auftragsfertiger, sogenannte Foundries, die hochmoderne Halbleiterbauelemente flexibel und individuell nach kundenspezifischen Anforderungen herstellen.

Von besonderer Bedeutung für den Innovationsstandort Deutschland ist auch das breite Angebot anwendungsnaher Forschung einschließlich des Transfers von Forschungsergebnissen in die Anwendung. Dafür stehen vorrangig Institute der Fraunhofer-Gesellschaft. Der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik bündelt die

Expertise von elf Instituten mit insgesamt rund 3000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, plus fünf Gastinstituten aus anderen thematisch verwandten Fraunhofer-Verbünden. Der Verbund ist ein wichtiger Standortfaktor gerade auch für kleine und mittlere Unternehmen, welche auf Basis von Mikroelektronik ihre Innovationen vorantreiben (vgl. Abschnitt 4.3).

Auf diese Weise sind in Deutschland führende Industriezweige und Unternehmen mit FuE-Kompetenzen entstanden, die mit hochinnovativen Produkten und Dienstleistungen auf Basis von Elektroniksystemen signifikante Markterfolge erzielen konnten. Dies schließt sowohl den Zuliefererbereich (Material, Komponenten und Anlagen), als auch die deutschen Anwenderbranchen ein. In der Breite der Abdeckung und der Qualität all dieser Innovationsfaktoren hat Deutschland im globalen Maßstab eine sehr gute Wettbewerbsposition.

Die Bundesregierung wird den Austausch mit Unternehmen, Interessensverbänden und Forschungseinrichtungen in der Mikroelektronik ausbauen. Ein wichtiges Element hierbei sind Gespräche mit Branchenvertretern, sowohl in Expertengesprächen des Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) zu technologischen Entwicklungen und künftigen Anforderungen als Teil des Agendaprozesses Mikroelektronik als auch im Rahmen der Dialoge des Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) mit der Wirtschaft. Verlässliche, sichere und effiziente Mobilität von Gütern und Menschen ist ein wichtiges Fundament und Rückgrat des Standorts Deutschland. Die Mikroelektronik bietet aus Sicht des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) wichtige Chancen für moderne Mobilität und die Verkehrssysteme der Zukunft im digitalen Zeitalter. Die Bundesregierung hat im September 2015 die Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren beschlossen, die u. a. auf den vom Runden Tisch Automatisiertes Fahren verabschiedeten Eckpunkten beruht. Dieses Gremium wurde durch das BMVI ins Leben gerufen, um einen engen Austausch aller beteiligten Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik zu ermöglichen und erforderliches Know-how zu bündeln. Das vom BMVI angestoßene „Digitale Testfeld Autobahn“ auf der A9 gibt Industrie und Forschung die Möglichkeit zur Erprobung innovativer Technologien.

Die Digitalisierung der Wirtschaft wird durch Mikroelektronik erst möglich. Dafür ist jedoch nicht nur technologische Kompetenz erforderlich: Über den Erfolg der deutschen Wirtschaft im globalen Wettbewerb entscheiden auch Rahmenbedingungen, Standards und Regelsetzungen. Diese sollen im Rahmen der neuen Plattform Industrie 4.0 diskutiert und vorangetrieben werden. Dort sind BMWi, BMBF sowie Spitzenvertreter der Industrie und der Industrieverbände sowie der Gewerkschaften und der Wissenschaft vertreten.

3.5 Fachkräfte und Nachwuchs sichern

Gut qualifizierte Beschäftigte sind ein entscheidender Erfolgsfaktor für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Als Hochtechnologiebranche kann die Mikroelektronik im internationalen Wettbewerb nur dann bestehen, wenn sie Fachkräfte und Spezialisten gewinnen und an sich binden kann. Aktuell besteht in Deutschland kein flächendeckender Fachkräftemangel, jedoch gibt es bereits deutliche Engpässe in technischen Berufen. Dies gilt nicht nur für akademische Qualifikationen, sondern zunehmend auch für beruflich qualifizierte Fachkräfte. In den nächsten Jahren wird sich diese Situation noch deutlich verschärfen.

Die akademische Nachwuchsförderung wird durch das BMBF vorangetrieben. In geförderten Verbundprojekten arbeiten Studierende und Promovierende eng mit Industriepartnern zusammen und erlangen so Fachwissen und interdisziplinäre Kompetenz. Dies erleichtert ihnen nicht nur allgemein den Übergang in das Arbeitsleben, sondern kann auch der Einstieg in die Mikroelektronikindustrie sein. Das BMBF engagiert sich zudem dafür, dass sich der Nachwuchs schon frühzeitig für Mikroelektronik begeistert – unter anderem mit dem Wettbewerb „INVENT a CHIP“, in dem Schülerinnen und Schüler bereits seit 2002 dazu aufgerufen sind, eigene Ideen für Mikrochips einzureichen.

Die Bundesregierung hat zusammen mit der Bundesagentur für Arbeit, der Wirtschaft, den Gewerkschaften und den Ländern die „Allianz für Aus- und Weiterbildung 2015–2018“ eingerichtet. Gemeinsames Ziel aller Partner ist es, die duale Berufsausbildung zu stärken sowie für die Gleichwertigkeit der Bereiche berufliche und akademische Bildung zu werben. Die Allianz-Partner haben sich auf zentrale Schritte verständigt, um noch mehr junge Menschen für eine betriebliche Ausbildung zu befähigen und zu gewinnen.

Auch werden die Berufsbilder unter dem Aspekt der Digitalisierung fortlaufend überprüft und zum Beispiel mit entsprechenden Inhalten zur Elektronik die Ausbildungsregelungen aktualisiert. Aktuelles Beispiel ist Aufnahme diverser Aspekte der Leistungselektronik in den Kraftfahrzeugberufen im Zuge der Kompetenzentwicklung zur Elektromobilität.

Branchenübergreifende Herausforderungen wie die Sicherung des Fachkräftebedarfs und Anforderungen an die Ausbildung sollen zudem im Bündnis „Zukunft der Industrie“ aufgegriffen werden, das sich derzeit in seiner Anfangsphase befindet. Das BMWi hat diese Plattform im Jahr 2015 mit 13 weiteren Partnern aus der Wirtschaft mit dem Ziel gegründet, den industriellen Kern der deutschen Wirtschaft zu erhalten und zu stärken. Die Ergebnisse kommen auch der Mikroelektronik zugute.

Das Fachkräftekonzept der Bundesregierung sieht vor, ergänzend Fachkräfte aus dem Ausland zu gewinnen. So informiert das Willkommensportal „Make it in Germany“ zum Leben und Arbeiten in Deutschland und bietet Tipps für Arbeitgeber. Die Bundesregierung unterstützt Zuwanderer und Interessierte zusätzlich mit einer Telefon-Hotline „Arbeiten und Leben in Deutschland“.

Die Grundlage dafür, Menschen mit ausländischen Berufsqualifikationen besser in den Arbeitsmarkt zu integrieren, hat die Bundesregierung mit ihrer Initiative für ein Anerkennungsgesetz gelegt, das am 1. April 2012 in Kraft getreten ist und sich als Instrument der Fachkräftesicherung bewährt hat. Es gibt Fachkräften aus dem Ausland das Recht, ihren Berufsabschluss auf Gleichwertigkeit mit dem deutschen Referenzberuf überprüfen zu lassen.

Passgenaue Information und Beratung tragen wesentlich zum Anerkennungserfolg bei. Das Internetportal „Anerkennung in Deutschland“ (www.anerkennung-in-deutschland.de), das im Auftrag des BMBF betrieben wird, erleichtert das zügige Auffinden der zuständigen Stelle. Zudem fördert das BMWi das „BQ-Portal – Das Informationsportal für ausländische Berufsqualifikationen“. Diese Online-Wissens- und Arbeitsplattform (www.bq-portal.de) liefert umfassende Informationen zu ausländischen Qualifikationen und Berufsbildungssystemen für die zuständigen Stellen. Das BQ-Portal unterstützt auch Unternehmen dabei, ausländische Aus- und Fortbildungsabschlüsse bewerten und einschätzen zu können.

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind von Fachkräfteengpässen besonders betroffen. Daher hilft das „Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung“ des BMWi beim Finden und Binden von Fachkräften. Das BMWi-Programm „Passgenaue Besetzung“ soll KMU dabei helfen, Ausbildungsplätze zu vermitteln und eine Willkommenskultur für ausländische Auszubildende und Fachkräfte zu schaffen.

Mit diesen Aktivitäten unterstützt die Bundesregierung gerade die Mikroelektronik, die sowohl Unternehmen als auch Fachkräfte und Wissenschaftler aus der ganzen Welt nach Deutschland bringt.

3.6 Netzwerke und Cluster unterstützen

Innovationen in der Mikroelektronik beruhen heute fast immer auf der Zusammenarbeit von Partnern aus verschiedenen Disziplinen und Branchen. Netzwerke und Cluster bieten dafür den geeigneten Rahmen: Sie geben ihren Mitgliedern die Möglichkeit zum Erfahrungsaustausch und helfen ihnen über Netzwerkaktivitäten und mit einer gemeinsamen Interessensvertretung dabei, Innovationen schneller voranzutreiben und am Markt erfolgreicher zu agieren. Dieses Potenzial soll sowohl auf Landes- als auch auf Bundesebene weiter genutzt werden.

Die in das BMWi-Programm „go-cluster“ aufgenommenen rund 100 Cluster sind Vorreiter für Innovationen und spiegeln die hohe Kompetenz Deutschlands in zahlreichen Branchen und Technologiefeldern wieder.

Zudem unterstützt das BMWi mit dem technologie- und branchenoffenen Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) aktiv die Forschungszusammenarbeit in der Wirtschaft sowie zwischen Wirtschaft und Wissenschaft. In einem ZIM-Kooperationsnetzwerk erarbeiten die Unternehmen zusammen mit den beteiligten Forschungseinrichtungen eine technologische Roadmap, mit der die Akteure ihr gemeinsames Ziel umsetzen wollen. Dafür werden aus dem Netzwerk heraus Forschungs- und Entwicklungsprojekte generiert. Seit dem Start des ZIM im Juli 2008 wurden mehr als 300 Netzwerke gefördert. Fast 4.000 Unternehmen und nahezu 500 Forschungsinstitute waren daran beteiligt. Das Thema Mikroelektronik spielt dabei eine große Rolle: Bereits jetzt können etwa 6 Prozent der Netzwerke den Technologiegebieten „Elektronik, Messtechnik, Sensorik“ und „Mikrosystemtechnik“ zugeordnet werden.

Starke Regionen

Deutschland hat in der Mikroelektronik starke Regionen mit europa- und weltweiter Ausstrahlung. Unter dem Motto „Deutschlands-Spitzencluster - Mehr Innovation. Mehr Wachstum. Mehr Beschäftigung“ fördert das BMBF über den Spitzencluster-Wettbewerb die Umsetzung regionaler Innovationspotentiale in dauerhafte Wertschöpfung. Die weltweite Zusammenarbeit dieser Cluster mit den besten Köpfen weltweit fördert das BMBF im Rahmen der „Internationalisierung von Spitzenclustern, Zukunftsprojekten und vergleichbaren

Netzwerken“. Dies steigert das Innovationspotenzial der Wissenschaft. Gleichzeitig stärkt es die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen und bringt Lösungen für globale Herausforderungen voran.

Davon profitiert zum Beispiel Sachsen, heute der größte Standort für Mikro- und Nanoelektronik in Europa. Die Mikroelektronikbranche in der Region zwischen Dresden, Freiberg und Chemnitz erwirtschaftet mit rund 25.000 Beschäftigten derzeit einen Umsatz von rund 6 Mrd. Euro pro Jahr. Mit elf Fraunhofer-Instituten, fünf Leibniz-Instituten und drei Max-Planck-Instituten ist diese Region zudem einer der bedeutendsten Forschungsstandorte im Osten Deutschlands. Zum Erfolg der Mikroelektronik in Sachsen hat auch der Cluster „Silicon Saxony“ beigetragen. Er wurde im Jahr 2000 gegründet und verbindet heute über 300 Hersteller, Zulieferer, Dienstleister, Hochschulen, Forschungsinstitute und öffentliche Einrichtungen der sächsischen Mikro- und Nanoelektronikbranche. Das BMBF hat in Sachsen bisher zwei thematisch fokussierte Spitzencluster gefördert: den Cluster „CoolSilicon“ zur energiesparenden Mikroelektronik und den Cluster „Organic Electronics Saxony“ mit dem Schwerpunkt organische Elektronik. „Organic Electronics Saxony“ gehört gemeinsam mit dem „Cluster Leistungselektronik im ECPE e.V.“ (s. u.) zu den Clustern, deren Internationalisierung das BMBF ab 2016 fördert.

Auch in anderen Regionen haben sich starke Netzwerke in der Elektronik formiert: Um Mikrosystemtechnik für Produktion, Mobilität, Gesundheit und Energie geht es im branchenübergreifenden Cluster „MicroTEC Südwest“, der über 350 Firmen und Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg vereint. Das BMBF hat „MicroTEC Südwest“ im Spitzencluster-Wettbewerb unterstützt. Im Spitzencluster „it’s OWL“, in dem sich Partner aus Maschinenbau, Elektro-, Elektronik- und Automobilzuliefererindustrie in Ostwestfalen-Lippe zusammengeschlossen haben, fördert das BMBF Forschung und Entwicklung in der Automatisierungstechnik und Mechatronik .Schwerpunkt des Spitzenclusters „Forum Organic Electronics“ in der Region Rhein-Neckar ist die Entwicklung der gedruckten Elektronik als Zukunftstechnologie.

Einige Cluster profitieren zusätzlich von der Unterstützung der Länder, die eigene Förderprogramme betreiben. Die Cluster-Offensive Bayern unterstützt beispielsweise den „Cluster Leistungselektronik“, der die gesamte Innovations- und Wertschöpfungskette der Leistungselektronik abdeckt.

Vernetzung von Kompetenzen

Das BMBF unterstützt in seinem Förderprogramm „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“ überregionale und multidisziplinäre Forschungskooperationen. In diesem Rahmen startete 2014 beispielsweise das Konsortium „FAST – Fast Actuators Sensors and Transceivers“, das 50 Partner aus neun Bundesländern in Forschungsprojekten vernetzt, um die Echtzeitfähigkeit von Sensorik und Aktorik zu steigern, unter anderem für verbesserte Fahrerassistenzsysteme.

2001 wurde zudem das „edacentrum“ in Hannover gegründet, das die Forschungs- und Entwicklungsressourcen von mehr als zehn deutschen Hochschulinstituten zum Thema EDA (Electronic Design Automation) bündelt und in Zusammenarbeit mit der Industrie fördert. In gemeinsamen Forschungsprojekten wird der automatisierte Entwurf von elektronischen Schaltungen vorangetrieben.

Durch industriegetriebene europäische Initiativen wie „Silicon Europe“, das den Cluster „Silicon Saxony“ mit weiteren regionalen Clustern der Mikro- und Nanoelektronik in Belgien, Frankreich, den Niederlanden und Österreich verbindet, wird die europaweite Zusammenarbeit von Hightech-Standorten zusätzlich gestärkt.

In der Leistungselektronik verbindet das industriegeführte europäische Forschungsnetz ECPE European Center for Power Electronics e. V. rund 70 Firmen und 70 Hochschul- und Forschungsinstitute aus ganz Europa. Das ECPE unterstützt vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung im „ECPE Joint Research Programme“ und dient zugleich als Plattform für die Teilnahme an öffentlichen Forschungsprojekten auf nationaler und internationaler Ebene sowie als Kompetenzzentrum und Interessensvertretung.

Zur strategischen Weiterentwicklung der Mikroelektronik wird auch die Expertise der deutschen Fachverbände genutzt und eingebunden. Hierzu zählen der ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V., die VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik (GMM), der IVAM e. V. Fachverband für Mikrotechnik, der AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e. V. und das mst-Netzwerk Rhein-Main e. V.

4 Maßnahmen und Instrumente

4.1 Forschungsförderung ausrichten

Die Forschungsförderung ist ein wesentliches Element für den Ausbau bestehender Kompetenzen und die Erschließung neuer Technologien und Anwendungen in der Mikroelektronik. Sie beschleunigt Innovationsprozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette und ist auf nachhaltige Wertschöpfung in Deutschland und Europa ausgerichtet. Durch die Verzahnung mit europäischen Programmen und durch internationale Kooperationen wird ihre Hebelwirkung noch verstärkt.

Die im Rahmenprogramm dargestellten Maßnahmen liegen in der Verantwortung der jeweils zuständigen Ressorts und werden – vorbehaltlich verfügbarer Haushaltsmittel – im Rahmen der geltenden Haushalts- und Finanzplanungsansätze (einschließlich Stellen / Planstellen) finanziert.

Ausbau der nationalen Förderung

Die Bundesregierung hat sich mit der neuen Hightech-Strategie das Ziel gesetzt, die Potenziale der Mikroelektronik gemeinsam mit Wirtschaft und Wissenschaft zu nutzen und zu stärken. Ansatzpunkte für die Ausrichtung der damit verbundenen Forschungsförderung sind gesellschaftliche Bedarfe sowie technologische Ziele in Deutschland und Europa, andererseits aber auch globale Entwicklungen in der Mikroelektronik und ihren Anwendungen. Auf Basis eines Positionspapiers der Bundesregierung zur Mikroelektronik vom Juni 2014 wurden Themenschwerpunkte der Förderung in einem Agendaprozess vorangetrieben – im engen Austausch mit den relevanten Forschungseinrichtungen, Unternehmen und Branchenverbänden.

Maßnahmen reichen hier von Werkstattgesprächen mit breitem Ansatz, zum Beispiel für zukünftige Herstellungstechnologien für die Mikroelektronik, bis hin zu Gesprächen zu Einzelthemen mit Fachexpertinnen und Expertenen. Unter Beteiligung von Akteuren des Maschinen- und Anlagenbaus wurde insbesondere der Forschungsbedarf bei Elektronik- und Sensorsystemen für den Einsatz in Industrie 4.0 diskutiert. Ein weiteres Element der Strategieentwicklung des BMBF ist die kontinuierliche Analyse laufender Forschungsprojekte, beispielsweise in der Leistungselektronik. In Expertengesprächen diskutierte das BMBF zum Beispiel unter Beteiligung der Deutschen Forschungsgemeinschaft Zukunftsperspektiven und Forschungsprojekte in der eindimensionalen Elektronik, die Potenzial für neuartige Elektronik- und Sensorik birgt.

Im Kapitel 3 sind bereits Schwerpunkte für die Forschungsförderung festgelegt, die während der Laufzeit des Programms bis zum Jahr 2020 im Dialog weiterentwickelt, priorisiert und berücksichtigt werden sollen. Die Förderung erfolgt vor allem in Verbund- oder Einzelprojekten. Bei den Auswahlentscheidungen über einzelne Fördermaßnahmen werden neben der Qualität des Forschungsansatzes auch die Verwertungschancen und die Hebelwirkung für den Standort Deutschland betrachtet. Für die Laufzeit in den Jahren 2016 bis 2020 plant das BMBF bis zu 400 Mio. Euro für das Rahmenprogramm für Forschung und Innovation in der Mikroelektronik bereitzustellen.[1]

Verzahnung mit europäischen Maßnahmen

Das europäische Forschungs- und Innovationsförderprogramm „Horizont 2020“ wird von 2014 bis 2020 die Positionierung der europäischen Volkswirtschaften unter anderem durch die Stärkung der Schlüsseltechnologien unterstützen. Die Europäische Kommission hat darüber hinaus im Jahr 2013 „Eine europäische Strategie für mikro- und nanoelektronische Komponenten und Systeme“ veröffentlicht. Kernziele sind eine deutliche Erhöhung des europäischen Anteils am Halbleiterweltmarkt, die Fokussierung auf europäische Stärken und führende Kompetenzcluster sowie die Unterstützung des Wachstums von kleinen und mittleren Unternehmen.

---

[1] Diese Förderung erfüllt die Voraussetzungen der Verordnung (EU) Nr. 651/2014 der EU-Kommission vom 17. Juni 2014 zur Feststellung der Vereinbarkeit bestimmter Gruppen von Beihilfen mit dem Binnenmarkt in Anwendung der Artikel 107 und 108 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union („Allgemeine Gruppenfreistellungsverordnung“ – AGVO, Amtsblatt L 187 vom 26.6.2014, S. 1) und ist demnach im Sinne von Artikel 107 Absatz 3 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union mit dem Binnenmarkt vereinbar und von der Anmeldepflicht nach Artikel 108 Absatz 3 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union freigestellt. Gemäß Artikel 1 Nummer 4 a) und b) AGVO werden Unternehmen, die einer Rückforderungsanordnung aufgrund einer früheren Kommissionsentscheidung zur Feststellung der Rechtswidrigkeit und Unvereinbarkeit einer Beihilfe mit dem Binnenmarkt keine Folge geleistet haben, von der Förderung ausgeschlossen.

Die Bundesregierung unterstützt mit diesem Rahmenprogramm die Strategie der Europäischen Kommission für mikro- und nanoelektronische Komponenten und Systeme. Die europäischen Programme und Strategien bildet einen Rahmen, der durch die Maßnahmen der Mitgliedstaaten ausgestaltet wird. Ziel der Bundesregierung ist die Stärkung der nationalen Mikroelektronikbranche als Teil des europäischen Innovationssystems, um mit innovativen und nachhaltigen Produkten neue Märkte zu erschließen und die Wertschöpfung der Mikroelektronik in Deutschland und Europa bis 2020 deutlich zu erhöhen.

Von besonderer Bedeutung für die Mikroelektronik ist die europäisch ko-finanzierte Forschungsinitiative „Electronic Components and Systems for European Leadership“ (ECSEL), für die etwa 1,4 Mrd. Euro aus „Horizont 2020“ von 2014 bis 2020 von der EU bereitgestellt werden. In ECSEL werden anwendungs- und technologieorientierte Projekte mit Partnern aus mindestens drei Ländern und entlang der gesamten Wertschöpfungskette gefördert. Insbesondere bietet ECSEL die Möglichkeit, forschungsgetriebene Pilotlinien zu unterstützen, die im Brückenschlag von der Forschung in die Wertschöpfung in Europa die Fertigung neuer Produkte vorbereiten. Die Europäische Union und die teilnehmenden Mitgliedsstaaten engagieren sich in ECSEL zu gleichen Teilen finanziell. Das BMBF wird bei seiner Forschungsförderung die in diesem Programm dargestellten Schwerpunkte in ECSEL einbringen und damit die Förderung deutscher Akteure durch ECSEL erheblich verstärken.

Um über ECSEL hinaus in ausgewählten Bereich die europäische Forschungszusammenarbeit weiter zu verstärken, haben Frankreich, die Niederlande, Belgien und Deutschland mit Unterstützung von Spanien, Ungarn und der Türkei den EUREKA-Cluster „Pan European partnership in micro and Nanoelectronic Technologies and Applications“ (PENTA) auf den Weg gebracht, der auf eine Laufzeit von 2016 bis 2020 ausgelegt ist. In PENTA bietet sich zusätzlich die Möglichkeit, strategisch fokussierte Forschungsschwerpunkte voranzutreiben, die in ECSEL aufgrund der großen Anzahl der teilnehmenden Fördergeber nicht ausreichend abgedeckt werden können. Der Cluster PENTA nimmt in Ergänzung verstärkt die Anwendungen Automobilelektronik, Medizintechnik und Industrie 4.0 in den Fokus und ermöglicht Projekte schon ab zwei Partnern aus zwei EUREKA-Ländern.

Die Beteiligung deutscher Unternehmen und Forschungseinrichtungen an PENTA wird auf Basis dieses Programms gefördert. Damit sowohl in ECSEL alsauch in PENTA verbesserte Beteiligungschancen für KMU entstehen, werden gezielte Informationsmaßnahmen in der Förderberatung des BMBF eingerichtet (Kapitel 4.2).

Zur Sicherung von Kompetenzen ist die länderübergreifende Zusammenarbeit wichtig, beispielsweise mit Frankreich zu anwendungsspezifischen CMOS-Technologien und den Niederlanden zu Lithographie und Produktionstechnologien. In diesem Zusammenhang wird auch die Initiative der Fraunhofer-Gesellschaft zur Intensivierung der Zusammenarbeit mit europäischen Forschungseinrichtungen wie CEA-Leti in Frankreich, IMEC in Belgien und TNO in den Niederlanden begrüßt.

4.2 Innovative kleine und mittlere Unternehmen stärken

Kleine und mittlere Unternehmen sind ein Innovationsmotor und eine wichtige Schnittstelle für den Transfer von Forschungsergebnissen aus der Wissenschaft in die Wirtschaft. Viele sind auf Spezialgebieten der Sensorik, Aktorik, Aufbau- und Verbindungstechnik oder der Systemintegration schon heute Marktführer und arbeiten erfolgreich in Innovationspartnerschaften mit Großunternehmen und Forschungseinrichtungen. Mit ihrer Expertise haben sie einen entscheidenden Anteil daran, dass Deutschland sich in der Industrieautomatisierung, der Medizintechnik und anderen Anwendungen der Mikroelektronik zu einem führenden Technologiestandort entwickeln konnte.

Das BMBF und das BMWi werden innovative kleine und mittlere Unternehmen auch weiterhin stärken. Das BMWi fördert im Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) seit 2008 Forschung und Entwicklung in allen Technologiefeldern, so auch in der Mikrosystemtechnik, Elektrotechnik, Messtechnik und Sensorik. Das BMBF bietet mit der Förderinitiative KMU-innovativ seit 2007 zusätzlich zu seinen thematischen Förderprogrammen einen schnellen und leichten Zugang zur Unterstützung für KMU. Eine offene Themensetzung und intensive Beratung sollen diese Maßnahme für Unternehmen noch attraktiver machen.

Weiteres Ziel des BMBF ist eine intensivere Teilhabe von KMU an deutschen und europäischen Förderprogrammen, in denen Elektroniksysteme im Fokus stehen. Hierzu sollen bereits bei der Initiierung nationaler Fördermaßnahmen die besonderen Stärken von KMU berücksichtigt werden. In ECSEL und anderen europäischen Programmen soll durch Beratung sichergestellt werden, dass KMU die komplexen Rahmenbedingungen der europäischen Förderung meistern. Der EUREKA-Cluster „PENTA“ soll KMU durch Netzwerkveranstal-

tungen und Beratungsleistungen unterstützen; er bietet zudem ein einfacheres Antragsverfahren. Da KMU oft keine eigene Halbleiterfertigung haben, unterstützt das BMBF zudem die Forschung an Technologieplattformen. Diese bieten etablierte Herstellungsprozesse und Teilkomponenten an, die Unternehmen nach dem Baukastenprinzip nutzen und neu kombinieren können. Darüber hinaus eröffnet die Teilnahme insbesondere an ECSEL-Vorhaben neue Möglichkeiten: Beispielsweise können KMU ohne Halbleiterfertigung ein breites Spektrum an Technologien für die Entwicklung von Elektronik- und Mikrosysteme nutzen, welche ihnen sonst nicht zugänglich sind.

4.3 Potenziale der Forschungseinrichtungen nutzen

Eine besondere Stärke der Forschungslandschaft in Deutschland liegt in ihrem umfassenden Angebot sowohl grundlagenorientierter als auch anwendungsorientierter Kapazitäten und Infrastrukturen. In den großen Forschungseinrichtungen – Fraunhofer-Gesellschaft, Max-Planck-Gesellschaft, Helmholtz-Gemeinschaft und Leibniz-Gemeinschaft – ist die Mikro- und Nanoelektronik fest verankert. So forscht das Forschungszentrum Jülich im Programm „Future Information Technology (FIT)“ der Helmholtz-Gemeinschaft unter anderem zu künftigen Elektronik-Materialien und -Bauelementen. Die Fraunhofer-Gesellschaft hat Leistungszentren wie zum Beispiel die für Funktionsintegration in Nano- und Mikrosysteme in Dresden und Elektroniksysteme in Erlangen geschaffen. Bereits 1996 wurde der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik gebildet. Dieser Verbund mit seinen 11 Instituten ist ein wichtiger Partner der Wirtschaft bei der Umsetzung der Strategie zur Stärkung der Mikroelektronikkompetenz am Standort Deutschland. Darüber hinaus hält er Forschungsinfrastruktur wie z.B. Reinräume vor, die auch und gerade für KMU ein Standortfaktor sind. Damit der Fraunhofer Mikroelektronik-Verbund auch bei immer komplexeren Forschungsaufgaben und Kundenanforderungen ein exzellenter Partner der Industrie bleibt, wird ein engerer Zusammenschluss etwa zu einer verteilten „Forschungs-Foundry“ zur Stärkung des Verbundes und damit des Standortes angestrebt.

An Universitäten und Fachhochschulen bestehen vielfältige Aktivitäten in Grundlagen- und angewandter Forschung. Das BMBF unterstützt hier die anwendungsorientierte Forschung direkt über Verbundvorhaben gemeinsam mit der gewerblichen Wirtschaft, während die grundlagenorientierte Forschung an Universitäten vom BMBF über die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert wird. Auch über die Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder wird die Spitzenforschung in der Mikroelektronik verstärkt. Ein Beispiel ist das 2012 eingerichtete Exzellenzcenter „Center for Advancing Electronics Dresden“ (cfAED) an der Technischen Universität Dresden.

Verbundforschung zwischen Industrie und Forschungseinrichtungen sind der Kern der Förderung zur Mikroelektronik des BMBF. Weitere Transfermöglichkeiten ergeben sich auch in themenoffenen Programmen des BMWi und des BMBF, z. B. im ZIM oder in der Maßnahme VIP+, die Wissenschaftler dabei unterstützt, Innovationspotenziale ihrer grundlagenorientierten Forschung zu identifizieren und über Anschlussarbeiten in eine mögliche Anwendung zu überführen. Im Programm EXIST fördert das BMWi zusätzlich Gründer sowie Ausgründungen aus Hochschulen und außeruniversitären Einrichtungen.

4.4 Basis für Innovation und Investitionen schaffen

Die Mikroelektronikindustrie wächst nach einer mehr als 50-jährigen Erfolgsgeschichte auch heute noch weltweit mit etwa 6 Prozent pro Jahr (vgl. Mikroelektronik – Trendanalyse bis 2019, ZVEI) und wird mit der fortschreitenden Digitalisierung weiter an Bedeutung zunehmen. Zur Realisierung von Industrie 4.0, dem Internet der Dinge und dem Automatisierten Fahren sind technologische Kompetenz und Souveränität in der Mikroelektronik unerlässlich.

Komplexe Elektroniksysteme zählen zu den Stärken der deutschen Mikroelektronikindustrie. Sie bedient damit Wachstumsmärkte in Europa und weltweit. Sowohl die Mikroelektronikunternehmen als auch ihre Kunden profitieren von engen Innovationspartnerschaften, symbiotischen Wertschöpfungsketten und einer leistungsfähigen Forschungslandschaft am Standort.

Dabei ist die Mikroelektronik äußerst forschungs- und investitionsintensiv. In Deutschland ansässige Unternehmen haben in den letzten Jahren ihre Kernkompetenzen erfolgreich ausgebaut. Dieses Wachstum muss ebenso wie die Erschließung schnell wachsender Anwendungsfelder gut unterstützt werden. Deutschland kann im internationalen Vergleich nur dann ein attraktiver Standort für Innovationen und Investitionen in der Mikroelektronik bleiben, wenn entsprechende Maßnahmen ineinander greifen.

Ein wichtiges Element auf nationaler Ebene ist die Kooperation mit Bundesländern, in denen erfolgreiche Unternehmen und Cluster ansässig sind. So arbeitet das BMBF mit dem Freistaat Sachsen in der Elektronik-

initiative ECSEL zusammen: Sachsen beteiligt sich an der Förderung von Vorhaben sächsischer Akteure in ECSEL bis zum Jahr 2024 zusätzlich mit insgesamt bis zu 200 Mio. Euro und hat bereits mehrere strategische Pilotlinienprojekte unterstützt. Die Voraussetzungen für die Beteiligung weiterer Bundesländer an ECSEL sind gegeben.

Die Europäische Kommission ermöglicht im Rahmen ihrer Regeln zur Förderung wichtiger Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse („Important Projects of Common European Interest", IPCEI) seit 2014 die Unterstützung transnationaler Projekte, die das Wirtschaftswachstum, die Beschäftigung und die Wettbewerbsfähigkeit Europas erhöhen sollen. Die Bundesregierung befürwortet diese neue Maßnahme als wichtiges strategisches Instrument zur Innovations- und Investitionsförderung. Die Bundesregierung sieht in IPCEI eine Chance, den wettbewerbsverzerrenden Aktivitäten anderer Regionen der Welt in diesem Technologiebereich zu begegnen. Etliche Unternehmen der Mikroelektronikbranche in Europa stehen im Dialog mit der Europäischen Kommission und den nationalen Regierungen, um einen konkreten Vorschlag für ein IPCEI zur Mikroelektronik zu erstellen.

Standards und Plattformen sind ein weiteres wichtiges Element zur Sicherung von Innovationsvorsprüngen der deutschen Mikroelektronikindustrie. Die Bundesregierung unterstützt daher Bestrebungen wie die Plattform Industrie 4.0 oder Standardisierungsmaßnahmen des Deutschen Instituts für Normung e. V. (DIN). Für die gezielte Innovationsförderung mittels Normung und Standardisierung hatte das BMWi u. a. die Förderprogramme „Innovation mit Normen und Standards" (INS) und „Transfer von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen durch Normung und Standardisierung" (TNS) initiiert; beide werden ab 2016 durch das Förderprogramm „WIPANO –Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen" abgelöst.



Satz: Satzweiss.com Print, Web, Software GmbH, Mainzer Straße 116, 66121 Saarbrücken, www.satzweiss.com
Druck: Printsystem GmbH, Schafwäsche 1-3, 71296 Heimsheim, www.printsystem.de
Vertrieb: Bundesanzeiger Verlag GmbH, Postfach 10 05 34, 50445 Köln, Telefon (02 21) 97 66 83 40, Fax (02 21) 97 66 83 44, www.betrifft-gesetze.de
ISSN 0722-8333